

Anyagforgalmi vizsgálatok nyárfával végzett szennyvízöntözéses tenyészedeny kísérletekben. II.

TIHANYI ZOLTÁN

*Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőtelepítéstani Tanszék,
Sopron*

A tárgyalt témakör első évi eredményeit korábban már ismertettük ugyanezen folyóirat hasábjain [5]. Az első év tapasztalatai alapján tovább folytattuk és zártuk a kísérletet 1978. októberében. Több olyan vizsgálatot végeztünk el, amit csak a kísérlet zárásakor lehetett megoldani, mivel az a kísérlet tárgyának a megsemmisülésével járt.

A kísérlet elsődleges célja a szennyvíz-hasznosítás, illetve elhelyezés egyes problémáinak tisztázása, de emellett olyan ismeretekre is szert tettünk, amelyek kifejezetten erdészeti jellegűek.

Vizsgálati anyag és módszer

A kísérlet leírása az 1978. évi számban található [5]. A második évben ugyanazon növényanyaggal folytattuk a kísérletet. A kísérlet zárásakor tehát 3 évesek voltak a fák. Egyéves korban ültettük el a fákat a tenyészedenyekbe és két tenyészidőn keresztül öntöztük szennyvízzel.

A második évben a szennyvízadagok már nem voltak egységesek, hanem az első évi tapasztalatok alapján, a lombosodás és a növekedés ütemét figyelembe véve, iparkodtunk a fák vízigényét maximálisan kielégíteni. A legkisebb öntözési norma 8 naponta 7 l, a legnagyobb 4 naponta 20 l volt. Ez a vízmennyiség még kiegészült tenyészedenyenként 85 l csapadékkal (333 mm), és így a 2. évben a legnagyobb vízadag 850 l volt tenyészedenyenként. A jobb vízelosztás eredményeként az edények alján távozó felesleges víz a három fafaj átlagában az 1. kezelésben csak 5,1%, a 2. kezelésben 8,5%, a 3. kezelésben 17,3% volt.

Megváltoztattuk a vízmintavételek módját is. Az első évben minden hónapban csak egyszer vettünk mintát. A második évben a friss mintavételek mellett a kezelések előtt az átfolyó víz mennyiségével arányos mintákat vettünk és azokat különböző tartósító szerekkel tartósítottuk. Az öntözővízből is minden alkalommal mintát vettünk. A vízmintákat havonta egyszer megvizsgáltuk és a kapott eredményeket a vízmennyiségekkel súlyoztuk. A vizsgálatokat a „KGST Egységes Vízvizsgálati Módszerek” [2] előírásai szerint végeztük el.

Mivel a kifolyó nyílások a tél folyamán is nyitva voltak, így a talaj szabaddon kilúgozódhatott. Ezért a második évben az öntözés megkezdésekor és ősszel az öntözés befejezésekor is talajmintát vettünk 10 cm-es rétegenként.

A mintát össze a felvágott tenyészedenyekből vettük. Ugyanekkor víz-sugárral lemostuk a gyökerekről a 300 kg földtömeget. Mértük a fa, az ágak, a gyökérzet nyers és abszolút száraz súlyát. Számítottuk az 1 kg szárazanyag megtermeléséhez felhasznált víz mennyiségét [1].

A faanyag, a gyökér és a levél kémiai vizsgálatát a következők szerint végeztük el: a légszáraz mintát 105 °C-on szárítószekrényben történő szárítás, majd exsikkátorban történő lehűtés után visszamértük. A súlykülönbségből számítottuk a szárazanyagot. A további vizsgálatokhoz légszáraz mintát használtunk és a kapott eredményeket átszámoltuk szárazanyagra.

A N vizsgálatához 1,5 g légszáraz mintát 40 ml cc kénsav + CuSO_4 + Se katalizátor jelenlétében elroncsoltunk, majd desztillált vízzel 100 ml-re feltöltöttük. Ebből a törzsoldatból Parnas-Wagner készülékkel történő desztillálás és 0,1 n HCl, ill. Na OH oldatok segítségével határoztuk meg a N-t.

A többi elem meghatározásához 5 g mintát elektromos fűtéssel lefűstölünk, majd az elszenesedett anyagot izzítókemencében elizzítottuk. Az így nyert hamut 20 ml 1:1 hígítású HCl-al bepároltuk. A maradékot 0,1 n HCl-al 100 ml-re töltöttük fel. Az így kapott törzsoldatból a mérések az alábbiak szerint történtek.

K, Mn: atomabszorpciós készülékkel emissziósan,

Fe, Zn, Cu: atomabszorpciós készülékkel abszorpciósan,

P: spektrofotometriásan (molibdén-ónklorid-aszkorbinsav),

Ca, Mg: 20-szorosan hígított törzsoldatból atomabszorpciós készülékkel abszorpciósan.

KÖJÁL segítségével néhány bakteriológiai vizsgálatra is lehetőség nyílt.

Eredmények

Az öntözés hatása a fatermésre

Az öntözés kedvező hatását egyértelműen bizonyítja az 1. ábra, amelyre a föld feletti fatömeget és a gyökérzet tömegét is felhordtuk a három ismétlés átlagában.

Kimagaslóan jó eredményt adott a 3. legnagyobb kezelés, de még a 2. kezelés is. A 4. tiszta vizes kezelés majdnem eléri az ugyanolyan mértékű szennyvizes 1. kezelést, míg a csak csapadékvízre utalt 5. kezelés messze elmarad a többitől.

Mindezt abszolút értékekben és százalékosan az 1. táblázatban elemezzük.

A kezeléskülönbségek valódiságára vonatkozó számítás szignifikáns differenciát igazolt. Az $\text{SzD}_5\%$ értéke az összes száraz fatömegekre vonatkoztatva az 'I—214' olasznyárnál 267 g, az óriásnyárnál 286 g, bédai egyenes fehér-fűznél 201 g. Egyedül az olasznyár 1. és 4. kezelése között nincs szignifikáns differencia 5%-os szinten. Tehát csak ebben az egy esetben mondhatjuk azt, hogy a tiszta vízzel öntözött fa ugyanannyi fatömeget produkált, mint az azonos szennyvízmennyiséggel öntözött. Minden más esetben a kezeléseket közti különbségek igazoltak.

Csak a föld feletti fatömeget vizsgálva az $\text{SzD}_5\%$ értéke az olasznyárnál 201 g, az óriásnyárnál 151 g, a fehér-fűznél 153 g. A kezeléseket között az olasz- és óriásnyár 1—4. kezelése kivételével itt is kimutatható a szignifikáns differencia.

1. táblázat

Szennyvízzel öntözött 3 éves suhángok fatömege a három ismétlés átlagában, abszolút száraz súlyban, grammban

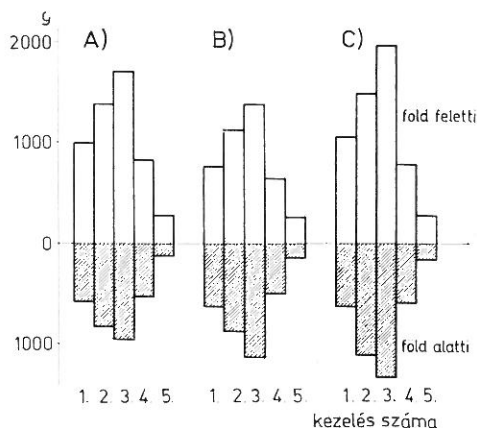
(1) Fafaj és kezelés száma	(2) Törzs	(3) Ág	(4) Föld feletti összes	(5) Gyöktörzs	(6) Főgyökér	(7) Mellék- gyökér	(8) Összes	(9) A 4. kezelés %-ában
a) Olasznyár								
1.	703	299	1002	228	36	312	1578	115,7
2.	969	429	1398	317	100	411	2226	163,2
3.	1153	563	1716	381	146	430	2673	196,0
4.	608	229	837	196	79	253	1365	100,0
5.	217	70	287	71	0	47	405	29,7
b) Óriásnyár								
1.	544	218	762	195	102	341	1400	121,7
2.	784	337	1121	234	224	426	2005	174,3
3.	1032	344	1376	292	345	502	2515	218,7
4.	485	160	645	156	84	265	1150	100,0
5.	205	55	260	83	6	63	412	35,8
c) Fehérfűz								
1.	694	369	1063	206	84	343	1696	122,7
2.	1075	420	1495	332	193	584	2604	188,4
3.	1316	660	1976	417	218	694	3305	239,1
4.	521	270	791	209	43	339	1382	100,0
5.	215	63	278	97	0	64	439	31,8

Az értékelésekből kihagytuk az 5. kezeletlen fák adatát, melyet eredetileg kontrollnak szántunk, de az elégtelen csapadék miatt ezt a szerepét nem tölthette be. Helyét a 4. tiszta vizes kezelés vette át.

A szennyvízöntözés hatására a legnagyobb fatömeget a fehérfűz hozta létre, mégpedig annál nagyobb, minél több szennyvízzel öntöztük. Utána sorrendben az olasznyár és az óriásnyár következik. (A legnagyobb fehérfűz mérete: 3,77 m magasság, 6 cm töátmérő.)

Evapotranszpiráció, evaporáció, transzpiráció

Mint a korábbiakban már jeleztük, 4 naponta mértük az el nem párologtatott, feleslegben lévő és az edény alján távozó szűrt víz mennyiségét. A fával beültetett edény és a fa nélküli edény párologtatásának különbözete a transzpiráció.



1. ábra

A 3 éves fa föld feletti és föld alatti abszolút száraz fatömege az 1–5. kezelésben. A) Olasznyár. B) Óriásnyár. C) Fehérfűz

2. táblázat

A két év alatt elpárologtatott víz mennyisége egy-egy tenyészében
átlagosan az 1.—4 kezelésben

(1) Fafaj és vizsgálat	(2) Szennyvíz			3. Tiszta víz	(2) Szennyvíz			(3) Tiszta víz
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
	az elpárologtatott víz							
	liter				%			
A) Evapotranspiráció								
a) olasznyár	700,1	967,4	1265,2	692,0	91,2	82,3	75,1	90,1
b) óriásnyár	672,5	989,4	1272,0	674,6	87,6	84,2	75,5	87,9
c) fehérűz	665,9	960,9	1241,5	661,3	86,7	81,7	73,7	86,1
B) Evaporáció								
d) Talajfelszín	337,0	440,9	665,9	352,8	43,9	37,5	39,5	46,0
C) Transzspiráció								
a) olasznyár	363,1	526,5	599,3	339,2	47,3	44,8	35,6	44,1
b) óriásnyár	335,5	548,4	606,1	321,8	43,7	46,7	36,0	41,9
c) fehérűz	328,9	520,0	575,6	308,5	42,8	44,2	34,2	40,1

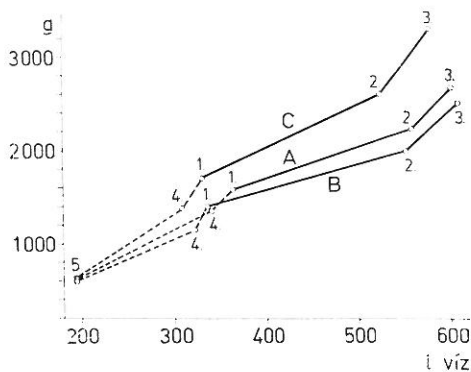
A 2. táblázatban a két év összegezett eredményét literben adjuk meg. A mm-ben megadott érték a talaj szűrőképessége szempontjából reális, de a párologtatás jellemzésére nem alkalmas. Ha ugyanis ugyanekkora térfogatú, de kétszer ekkora felületű edényt alkalmaztunk volna, akkor a kiöntözött víz mm-ben számolva máris a felére csökkenne. Az edény felületéből következően az átszámítás literről milliméterre 3,9216 szorzóval történt.

Egy faegyedre vonatkoztatva a három fafaj transzspirációja között nincs nagy eltérés, a négy kezelés között azonban már lényeges eltérés mutatkozik.

Az 1., 2., 4. kezeléseknél a fák a kiöntözött víznek közel azonos százalékat, átlag 44%-át használták fel. A 3. kezelés vízádagja már meghaladta a fák teljesítőképességét, mert itt a víznek csak 35%-a hasznosult.

Megállapítható tehát, hogy a fák a 2000 mm öntözést még jól hasznosították, de 3000 mm-nél már vízfelesleg jelentkezett. Ha nem a hasznosítás, hanem a szennyvíz elhelyezés kerül előtérbe, akkor a kísérletek tanulsága szerint még a 3000 mm tenyészidei öntözés sem jár káros következményekkel a fa számára, sőt többletnövekedés mutatkozik.

A 2. ábrán a létrehozott fatömeg függvényében ábrázoltuk a vízfelhasználást. Az ábrán látható, hogy legtöbbet párologtatott az óriásnyár, de a legkevesebb fatömeget hozta létre. Legnagyobb a fatömege a legkevesebbet párologtató fehérűznek. Eddigi ismereteinket a fehérűzről módosítani kell, mert igaz ugyan, hogy a fűz a jó



2. ábra

A 3 éves fa fatömege (gyökérzettel együtt) a transzspiráció függvényében A—B—C lásd 1. ábra

vízellátású, vagy vizes termőhelyeket kedveli, de mint a kísérleti példa bizonyítja, nem használ fel több vizet, mint a nyárfa, sőt ugyanannyi fatömeg létrehozásához kevesebb vizet igényel.

Minden további következtetés csak relatív eredményt adna, mivel teljesen érthető, hogy a több víz és tápanyag hatására a fák nagyobbra nőttek, a nagyobb fa viszont többet párologtatott. Ezért a továbbiakban a létrehozott fatömeg függvényében vizsgáljuk meg a vízfelhasználást.

1 kg szárazanyag előállításához felhasznált víz literben

A címben jelzett értékeket a 3. ábrán tüntettük fel, az eredményeket pedig a 3. táblázatban közöljük.

3. táblázat

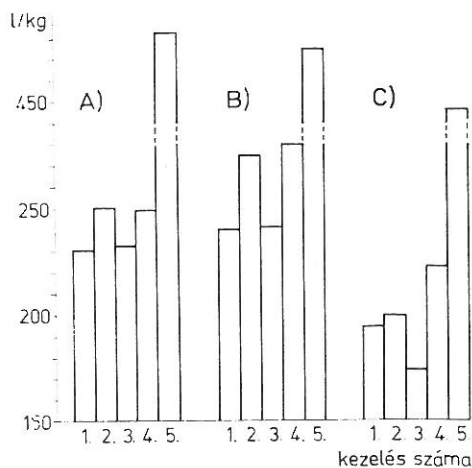
Az 1 kg abszolút száraz faanyag (fa + gyökér) megtermeléséhez felhasznált víz

(1) Kezelés száma	(2) Olasznyár	(3) Óriásnyár	(4) Fehérfűz
	transzspiráció liter/kg		
1.	230	240	191
2.	249	276	200
3.	232	241	174
4.	253	280	224
SzD ₅ %	—	29	31

A statisztikai próba az olasznyárnál 5%-os tévedési szinten nem igazol szignifikáns különbségeket. A másik két fafajnál kimutatható ugyan igazolt különbség, azonban az eredmények a kezelések növelésével nem egyértelműen változnak. Igazoltnak ezért csak a tiszta víz többlet-felhasználását fogadjuk el a szennyvízzel szemben. Könnyen belátható egyébként, hogy a víz- és tápanyagellátás növelésével sem fokozható végtelenségig a fák teljesítőképessége.

A fafajok közötti különbségeket vizsgálva az SzD₅% értéke 14,5 l/kg. A fehérfűz tehát minden kezelésben szignifikánsan kevesebb vizet használ fel 1 kg szárazanyag előállításához, mint a másik két fafaj.

A szennyvízzel öntözött fehérfűz átlag 188, az olasznyár 237, az óriásnyár 252 liter vizet párologtatott el. Tiszta vízből az előbbi sorrendben +18%, +5%-, +11%-kal igényeltek többet a fák. Az 5. kezeletlen kontroll fa csak a csapadékvízre volt utalva, illetve a kiszáradás veszélye miatt 4 × 10 l vízzel megöntöttük, így 2 év alatt a csapadékkal



3. ábra
1 kg szárazanyag megtermeléséhez felhasznált víz literben az 1—5. kezelésben
A—B—C lásd 1. ábra

4. táblázat

Levél N- és hamualkatrészek vizsgálata a szennyvízöntözéses tenyészedeny kísérletben (2. év okt. 11-i mintavétel)

(1) Fafaj és kezelés száma	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					ppm			
a) Olasznyár	2,11	0,15	1,33	1,13	0,31	111	95	226,3	7,9
1.									
2.	1,62	0,15	0,94	1,39	0,30	89	98	173,5	7,9
3.	1,83	0,16	0,90	1,47	0,35	89	92	200,0	7,4
4.	1,37	0,16	1,29	1,53	0,31	76	75	191,7	7,4
5.	2,25	0,22	1,38	1,16	0,25	76	94	102,2	8,5
b) Óriásnyár									
1.	1,88	0,17	1,01	1,21	0,30	107	51	175,0	8,5
2.	2,27	0,21	1,00	1,47	0,30	98	64	178,3	6,8
3.	1,20	0,28	0,99	1,42	0,40	97	68	210,3	5,5
4.	1,62	0,19	1,00	1,56	0,29	57	52	170,0	5,6
5.	1,63	0,21	1,00	1,05	0,25	87	71	163,0	7,0
c) Fehérfűz									
1.	1,95	0,18	0,92	1,76	0,35	98	76	218,8	7,4
2.	2,58	0,28	1,20	1,35	0,28	146	45	260,9	9,0
3.	2,95	0,19	1,10	1,21	0,23	147	40	205,7	8,0
4.	3,09	0,16	1,28	1,09	0,19	165	34	108,7	7,4
5.	3,25	0,22	1,16	1,40	0,23	216	72	117,9	10,2

együtt a tenyészidőszakban 195,5 l vizet kapott. Ezek a fák lényegesen több vizet használtak fel 1 kg szárazanyag megtermeléséhez: a fehérfűz fajlagos vízfelhasználása 237%-a, az olasznyár 204%-a, az óriásnyár 188%-a a szennyvízzel öntözöttek átlagos vízfelhasználásának.

Ezek a mérőszámok már alkalmasak a gyakorlatban arra, hogy kiszámítsuk 1 ha nyárfaállomány vízfogyasztását. A természetben és idősebb korban a gyökér tömege eltér a tenyészedenyben kialakult gyökértömegetől. A tuskó és a gyökérfa a föld feletti vastag fatömeg 9–16,5%-a, átlagosan 13%-nak vehető [4]. Az olasznyár sűrűsége abszolút szárazon 354 kg/m³. Az erdészeti gyakorlatban a növedéket m³-ben mérik. Egy jól termő 10–15 éves nyárfaállomány évi növedéke 25 m³/ha. 1 kg száraz fatömeg megtermeléséhez felhasználó víz 237 liter.

A fenti adatok alapján ennek a nyárasnak az éves vízfelhasználása tehát: $(25 \cdot 354 + 25 \cdot 0,13 \cdot 354) \cdot 237 = 2370 \text{ m}^3/\text{ha}$, azaz 237 mm (a talaj és a gyomnövényzet párologtatása, továbbá elfolyás, elszivárgás nélkül).

A fa kémiai vizsgálata

A kísérlet során felmerült annak szükségessége, hogy megvizsgáljuk azt, hogy a szennyvízöntözés hatására a fa anyaga szennyeződik-e, illetve a különböző mértékű kezelések éreztetik-e hatásukat. Ugyancsak tisztázásra szorult az a kérdés, hogy az ősszel lehulló levél nem tartalmaz-e káros anyagokat.

Az őszi levél analízisét a 4. táblázatban, a fa és a gyökér analízisét az 5. táblázatban mutatjuk be a három ismétlésből képzett átlagmintát vizsgálva.

Ami az első pillanatban feltűnik, az az olasznyár levelének nagyobb Mn tartalma, továbbá a fehérfűz levelének nagyobb Fe, Zn és Cu tartalma, valamint kevesebb Mg tartalma. Ezek az általános megállapítások egyéb kísérleteinkben, pl. a délpesti szennyvíziszap kísérleteinkben is érvényesek.

5. táblázat

Faanyag N és hamualkatrész vizsgálata

(1) Talaj, kezelés száma és vizsgált anyag		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	(2) Hamu %
%						ppm					
A) Törzs és ág rész											
a) Olasznyár	1.	0,56	0,08	0,24	0,81	0,16	46,9	14,2	49,1	4,9	5,67
	2.	0,76	0,09	0,22	0,78	0,15	37,1	17,5	45,9	4,8	5,30
	3.	0,76	0,07	0,20	0,68	0,14	41,5	15,3	56,8	4,7	5,02
	4.	0,58	0,08	0,20	0,71	0,12	78,5	10,9	50,1	4,5	5,01
	5.	1,01	0,05	0,25	0,77	0,12	46,9	13,1	31,6	3,8	5,07
b) Óriásnyár	1.	1,08	0,09	0,22	0,73	0,14	52,8	15,4	52,8	4,7	5,56
	2.	0,84	0,12	0,16	0,69	0,14	47,1	17,5	60,2	4,4	5,31
	3.	0,80	0,11	0,16	0,63	0,14	51,3	15,3	54,6	4,1	4,81
	4.	0,56	0,09	0,16	0,68	0,12	52,4	13,1	49,1	2,6	4,85
	5.	0,85	0,07	0,16	0,71	0,12	61,7	17,3	32,5	2,4	5,06
c) Fehérfűz	1.	0,90	0,09	0,11	0,77	0,10	41,6	16,4	43,8	5,6	5,12
	2.	0,82	0,08	0,11	0,67	0,09	72,5	11,0	51,6	4,7	4,94
	3.	0,71	0,09	0,16	0,72	0,10	56,9	11,0	56,9	5,1	4,45
	4.	0,67	0,10	0,11	0,69	0,08	47,0	9,8	47,0	4,5	4,80
	5.	1,10	0,07	0,11	0,77	0,08	73,4	23,0	44,9	3,5	4,97
B) Gyökér-rész											
a) Olasznyár	1.	0,86	0,16	0,62	0,77	0,13	549,0	22,4	29,1	10,8	7,29
	2.	0,81	0,18	0,28	0,61	0,10	502,0	19,0	10,0	9,0	7,28
	3.	1,29	0,18	0,22	0,59	0,12	518,0	23,5	7,8	9,1	6,74
	4.	0,57	0,16	0,45	0,91	0,17	860,0	32,8	13,6	14,0	8,65
	5.	1,00	0,15	0,32	1,33	0,13	168,0	14,7	9,0	6,4	8,80
b) Óriásnyár	1.	1,27	0,16	0,45	0,77	0,16	598,1	22,7	10,2	7,2	7,45
	2.	1,13	0,19	0,23	0,62	0,11	102,1	13,6	7,9	5,8	5,98
	3.	1,22	0,16	0,60	0,69	0,16	795,1	26,0	53,2	8,0	8,40
	4.	0,63	0,13	0,56	1,10	0,17	610,8	38,3	63,1	8,2	9,80
	5.	1,07	0,09	0,34	1,06	0,14	278,3	182,9	34,8	8,0	7,71
c) Fehérfűz	1.	1,19	0,10	0,35	0,86	0,20	931,1	55,3	29,3	5,5	11,02
	2.	1,07	0,08	0,37	0,63	0,14	701,7	48,6	175,2	6,8	8,09
	3.	0,94	0,15	0,36	0,68	0,10	316,6	22,5	44,9	6,1	5,66
	4.	0,79	0,15	0,45	1,11	0,20	975,2	59,5	47,6	6,1	10,16
	5.	1,61	0,06	0,28	1,16	0,13	312,2	39,6	130,1	5,9	6,82

Az olasznyár levelének Mn tartalma a másik két fafajhoz viszonyítva 158%. A fűz levelének Fe tartalma a másik két fafajhoz viszonyítva 180%, Cu tartalma 116%.

Az 5. kezeletlen kontroll, vagy a 4. tiszta vizes kezelés gyakran a maximális értékeket tartalmazza. Pl. a fűznél a N, Fe, Cu, az óriásnyárnál a Ca, az olasznyárnál a N, P, K, Ca, Cu.

Az egyes kezelések között nincsenek nagy differenciák. Nem egyértelmű, és nem lehet kimondani, hogy a szennyvízadagok növelésével nő a levélben valamelyik elem részaránya. A számadatok túlságosan szóróknak, és amit az egyik esetben megállapítunk, annak a másik helyen gyakran találjuk a cáfolatát.

A levelek elemtartalma — más kísérletekben végzett vizsgálataink szerint is — sokkal inkább faji jelleg, mint kezelésbeli különbségek következménye. Felmerült a kérdés, vajon a fák több elemet építenek-e be testükbe, ha több áll rendelkezésükre? Ha igen, akkor mennyivel többet?

6. táblázat

Tápanyag beépülés

(1) Fafaj	(2) 1 m³ nyers faanyag megtermelésekor beépült tápanyag*			(3) 1 m³ nyers, föld feletti faanyagban lévő tápanyag		
	kg					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
a) Olasznyár	8,14	0,78	3,95	2,44	0,64	0,94
b) Óriásnyár	10,96	1,35	4,56	4,00	1,10	0,95

* gyökérzettel és levéllel együtt.

A három fafaj farészének hamu %-a között lényeges eltérés nincs, a fűz kb. 7%-kal, az óriásnyár 2%-kal kevesebb hamualkatrészt tartalmaz mint az olasznyár.

— Lényegesebb különbség van a kezelések között. Minél több szennyvizet kaptak a fák, annál kevesebb a hamualkatrészüik. Az 1. és 3. kezelés között 12—13% differencia van.

— Elemenként vizsgálva a kérdést hasonló megállapításra jutunk. A szennyvízadagok növelésével az egységnyi fatömegben gyakran csökkenő tendenciát találunk az egyes elemek százalékos mennyiségére vonatkozóan.

— Ha a maximális értékeket vizsgáljuk, akkor azok gyakran a legkisebb szennyvizes vagy tiszta vizes kezelésben vannak, vagy a kezeletlenben.

— Nem lehet tehát kimondani azt, hogy ha valamely elemből több van a talajban, akkor az egységnyi tömegbe többet épít be a fa. Sőt ez inkább fordítva igaz, mivel a kisebb kezelések hamuszázaléka nagyobb.

— A szennyvízöntözés nem teszi szennyezetté a fát.

— A gyökérvizsgálat eredményei még kevésbé mutatják a kezelések közötti különbségeket, de ha ilyen mégis van (olasznyárnál, fűznél), akkor itt is fordított a kezelések hatása.

— Szembetűnő a gyökér 10—20-szoros Fe-tartalma. Ez a tiszta vizes kezelésben is így van.

— A gyökér hamutartalma 33—42%-kal több, mint a farészé. Ugyanígy minden elem nagyobb részarányban fordul elő a gyökérben, mint a föld feletti faanyagban.

Tápanyagigény

Gyakorlatban hasznosítva az előbbi fejezet adatait, kiszámíthatjuk a fák tápanyagigényét.

A számítást az 1., 2., 3. szennyvízkezelés átlagában adjuk meg. Figyelembe vettük azt, hogy 1 kg száraz fatömeg megtermeléséhez kb. 0,8 kg levél, továbbá a kortól függően 16,5—9%, átlag 13% gyökér szükséges. Így 1 m³ faanyag megtermelésekor a 6. táblázatban feltüntetett tápanyagmennyiséget

építik be a fák a testükbe, olasznyárnál 354, óriásnyárnál 440 kg/m³ sűrűséggel számolva. Így pl. egy 300 db/ha véghasználati hálózatban telepített II. fa-termési osztályú olasznyár állomány a 7. táblázatban megadott tápanyagokat igényli a különböző életkorokban, évente, kg-ban, ha-onként. (A fatömegadatok a hivatkozott irodalomból vettük [3]).

7. táblázat

1 ha „I-214” olasznyár ültetvénybe (fa + levél + gyökér)
beépült tápanyag kg/ha/év

(1) Kor év	(2) Éves fatömeg termelés nyers m ³	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
5	7	57	5	28
6	9	73	7	36
7	13	106	10	51
8	17	138	13	67
10	22	179	17	87
12	24	195	19	95
15	25	204	20	99
18	25	204	20	99
20	24	195	19	95

Az öntözésre felhasznált víz minősége

Az öntözésre használt szennyvíz és ivóvíz vizsgálati eredményeit a 8. táblázat tartalmazza [1].

A vizsgálati eredmények önmagukban is sokat mondanak, azonban a gyakorlat számára érthetőbb, ha az egész évi szennyvízterhelésből kiemelünk néhány hasznos és káros anyagot más dimenzióra átszámolva. Ha a kísérletben alkalmazott öntözést 1 ha-ra vetítjük, akkor a következőket kapjuk.

	Szennyvízöntözés		
	1200 mm	2000 mm	3000 mm
Tápanyagok:			
Nitrogén	285 kg/ha	474 kg/ha	711 kg/ha
P ₂ O ₅	96 kg/ha	161 kg/ha	241 kg/ha
K ₂ O	347 kg/ha	579 kg/ha	869 kg/ha
Tápanyag arány	1 :	1,7 :	2,5
Egyéb hasznos anyagok:			
Szerves anyag absz. száraz	6,66 t/ha	9,80 t/ha	14,50 t/ha
Ca	1,52 t/ha	2,46 t/ha	3,67 t/ha
Káros anyagok:			
Összes káros ásványi anyag,	11,06 t/ha	18,26 t/ha	27,59 t/ha
ebből Na	2,23 t/ha	3,55 t/ha	5,42 t/ha
Nehézfémek:			
Cu ²⁺			17 kg/ha
Ni ²⁺			3 kg/ha
Zn ²⁺			23 kg/ha
Cd ²⁺			17 kg/ha
Fe ³⁺			28 kg/ha
Mn ²⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺			00 kg/ha

8. táblázat

Az öntözővíz átlagos minősége az 1.—4. kezelésnél

(1) Komponensek	(2) Szennyvíz			(3) Ivóvíz
	1.	2.	3.	4.
pH átlagminta	7,77	7,83	7,80	
pH utolsó részminta	7,30	6,94	6,93	7,3
a) Vezetőképesség átlagminta μS	1682,0	1637,0	1650,0	
b) Vezetőképesség utolsó részminta μS	1918,0	1881,0	1875,0	750,0
c) P lúgosság mval/l	0,001	0,00	0,0	0,0
d) Összes száraz anyag mg/l	1415,0	1392,08	1388,7	
e) Összes oldott anyag mg/l	1227,0	1207,70	1206,8	
f) Összes lebegő anyag mg/l	188,0	184,38	181,9	
g) Szerves összes anyag mg/l	555,0	490,15	483,4	
h) Szerves oldott anyag mg/l	442,0	355,02	350,6	
i) Szerves lebegő anyag mg/l	113,0	135,13	132,8	
j) Ásványi összes anyag mg/l	860,0	901,93	905,3	
k) Ásványi oldott anyag mg/l	785,0	852,68	856,2	
l) Ásványi lebegő anyag mg/l	75,0	49,25	49,1	
Cl ⁻ mg/l	266,0	238,12	242,5	6,4
mgé/l	7,50	6,72	6,84	0,18
SO ₄ ²⁻ mg/l	124,7	145,86	146,1	5,0
mgé/l	2,60	3,04	3,04	0,10
HCO ₃ ⁻ mg/l	583,3	610,89	609,7	488,0
mgé/l	9,56	10,01	9,99	8,0
CO ₃ ²⁻ mg/l	6,67	0,00	0,00	0,0
mgé/l	0,11	0,00	0,00	0,0
NO ₂ ⁻ mg/l	0,70	0,710	0,771	0,0
NO ₂ -N mg/l	0,158	0,217	0,235	0,0
mgé/l	0,015	0,015	0,017	0,0
NO ₃ ⁻ mg/l	1,070	1,19	1,27	17,5
NO ₃ -N mg/l	0,253	0,275	0,292	3,95
mgé/l	0,017	0,019	0,020	0,28
PO ₄ ³⁻ mg/l	10,29	10,87	11,05	0,13
PO ₄ -P mg/l	3,36	3,55	3,61	0,04
mgé/l	0,325	0,343	0,349	0,004
Összes anion mgé/l	20,13	20,15	20,26	8,56
Ca ²⁺ mg/l	126,3	123,0	122,4	50,0
mgé/l	6,3	6,14	6,09	2,50
Mg ²⁺ mg/l	47,3	45,8	45,9	46,2
mgé/l	3,89	3,77	3,78	3,90
Na ⁺ mg/l	185,7	177,62	180,5	38,0
mgé/l	8,08	7,73	7,85	1,65
K ⁺ mg/l	23,1	24,54	24,46	3,0
mgé/l	0,59	0,63	0,63	0,08
NH ₄ ⁺ mg/l	29,6	30,09	30,0	0,0
NH ₄ -N mg/l	23,0	23,42	23,3	0,0
mgé/l	1,64	1,67	1,65	0,0
Összes kation mgé/l	20,50	19,94	20,00	8,13
m) Összes ásványi só számított mg/l	1113,1	1103,23	1109,7	410,0
n) Káros oldott ásványi anyag mg/l	922,0	912,84	919,7	339,0
Na %	42,84	42,31	42,8	20,6
Mg %	38,17	38,04	38,3	60,5
o) SAR érték	3,58	3,47	3,53	0,92
p) Kation szerinti víz- típus	Ca—Na	Ca—Na	Ca—Na	Mg—Ca

8. táblázat folytatása

(1) Komponensek	(2) Szennyvíz			(3) Ivóvíz
	1.	2.	3.	4.
r) Anion szerinti víz-típus	$\text{HCO}_3\text{—Cl—SO}_4$	$\text{HCO}_3\text{—Cl—SO}_4$	$\text{HCO}_3\text{—Cl—SO}_4$	HCO_3
Szerves P mg/l	1,17	1,635	1,57	
Összes P mg/l	4,53	5,186	5,19	
Szerves N mg/l	25,38	31,24	32,48	
Összes N mg/l	48,36	55,14	56,34	
BOI_5 utolsó rész-minta mg/l	223,5	223,75	223,63	
KOI ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -al) mg/l	377,8	434,39	443,02	
O_2 fogyás (KMnO_4 -el) mg/l	105,8	120,28	123,35	0,7
Fenolok mg/l	0,018	0,013	0,013	
Detergens (anion-aktív) mg/l	1,23	1,038	1,10	
Cu^{2+} mg/l	0,77	0,559	0,551	
Ni^{2+} mg/l	0,169	0,094	0,094	
Zn^{2+} mg/l	0,67	0,78	0,76	
Cd^{2+} mg/l	0,017	0,043	0,055	
Fe^{3+} mg/l	0,91	0,898	0,932	0,43

A szennyvíztisztulás mértéke

Hasonló módon elemeztük a talajon átszűrődött tisztított szennyvizet. Elkészítettük az öntözővíz és a szűrt szennyvíz egyenlegét is. A táblázatokat azok sokasága és terjedelmessége miatt itt most nem közöljük, csak a végeredményt adjuk közre. A szennyvíztisztulás százalékos értékét a 9. táblázat tartalmazza [1].

A fa hatásának betudható tisztítás mértékét úgy számítottuk, hogy a fával beültetett tenyészedény értékeiből levontuk a fa nélküli tenyészedény értékeit.

A táblázathoz meg kell jegyeznünk, hogy az adott talajféleségre és az adott 80 cm talajrétegre érvényes. Ugyancsak figyelembe kell venni, hogy az 1. és 2. kezelésnél a fák szinte az összes vizet elhasználták. Átfolyó víz igen kevés volt, és nagyon koncentrált, de az is csak a tenyészidőszak elején és végén jelentkezett. Átfolyó víz hiányában nem volt meg a kilúgozódás lehetősége.

Reális adatként ezért csak a 3. kezelés százalékos értékei fogadhatók el, ahol mindig volt feleslegben adott víz és így kilúgozódási lehetőség is.

A felülről lefelé történő vízmozgást a káros sófelhamozódás elkerülésére az üzemi gyakorlatban is feltétlenül biztosítani kell.

Talajvizsgálati eredmények

Az öntözés megkezdése előtt és befejezése után a rétegenként vett talajminták laboratóriumi vizsgálati eredményeit átlagoltuk 1–1 tenyészedényre. Év végén elkészítettük a két vizsgálat egyenlegét, amely jól jelzi a talajban bekövetkező változásokat. Ezt tüntettük fel a 10. táblázatban.

Következtetések:

— A pH értéke általában 0,05–0,15-tel, a kötöttség 1–3 értékkel csökkent.

9. táblázat

A talajon átszűrődött szennyvíz (4. kezelés ivóvíz) tisztulási százaléka

(1) Komponensek	(2) A szennyvíztisztítás hatásfoka %-ban								(3) A fa hatásának betudható szennyvíz- tisztítás %-a az 1.—4. kezelésben			
	(4) Fával beültetett				(5) Fa nélküli							
	tenyészedényekben az 1.—4. kezelésben											
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
e) Összes oldott anyag	79	61	58		27	39	46		52	22	12	
h) Szerves oldott anyag	78	64	64		36	35	47		42	29	17	
k) Ásványi oldott anyag	80	60	55		22	40	51		58	20	4	
Cl ⁻	76	38	34		15	16	36		61	22		
SO ₄ ²⁻	60	38	30		17	41			60	21		
HCO ₃ ⁻	99	97	88	96	61	56	57	57	38	41	31	39
CO ₃ ²⁻	100				86				14			
NO ₂ ⁻	99	97	93			62	78		99	35	15	
NO ₃ ⁻	92		17	94		4			92	100		
PO ₄ ³⁻	100	100	99	93	99	97	98	30	1	3	1	63
Ca ²⁺	77	54	53	56	18	27	38		59	27	15	
Mg ²⁺	84	67	60	85	35	37	48	49	49	30	12	36
Na ⁺	91	71	54	78	26	23	38	3	65	48	16	75
K ⁺	98	95	91	94	85	84	87	60	13	11	4	34
NH ₄ ⁺	100	100	99		97	98	97		3	2	2	
m) Összes ásványi só számított	85	65	58	71	24	33	45		61	32	13	
n) Káros oldott ásványi anyag	85	64	56	72	26	31	44	4	59	33	12	68
Szerves P	100	99	97		81	80	92		19	19	5	
Összes P	100	100	99		94	91	96		6	9	3	
Szerves N	100	99	97		85	92	95		15	7	2	
Összes N	100	99	97		67	85	90		33	14	7	
BOI ₅ utolsó részminta	99	99	97		95	95	96		4	4	1	
KOI (K ₂ Cr ₂ O ₇ -al)	98	98	96		81	89	90		17	9	6	
O ₂ fogyaszt (KMnO ₄)	99	99	96		87	91	93		12	8	3	
Fenolok	98	95	100		60	33	70		38	62	30	
Detergenszek (anionaktív)	99	99	97		83	82	86		16	17	11	
Cu ²⁺	99	99	99		92	95	96		7	4	3	
Ni ²⁺	96	100	99		73	69	70		23	31	29	
Zn ²⁺	98	97	62		76	70	72		22	27		
Cd ²⁺	100	100	98		40	86	95		60	14	3	
Fe ³⁺	99	95	44	75	57	37	2	36	42	58	42	39

— Az összes só % a kezelések függvényében emelkedik, de ezen belül a Na nem, sőt a fa nélküli edényekből ki is lúgozódik. A Na mennyisége még a fával beültetett 3000 mm szennyvízöntözés esetén is csökkent, mivel itt több volt az átfolyó víz. Ez azt mutatja, hogy a talajban bekövetkezett az egyensúlyi állapot.

— A CaCO₃ minden kezelésben közel azonos értékkel, 2–3 %-kal nőtt.

— A humusz % elég változó, de a szennyvízkezeléses edényekben valamivel nagyobb mértékben nőtt.

A NO₃ + NO₂ a fa nélküli edényekből kimosódott, míg a fával beültetett edényben alig változott az év eleji állapothoz képest.

— A felvehető P₂O₅ és K₂O a tiszta vízzel öntözött, illetve az öntözetlen edényben részben a kilúgozódás, részben a fa hatása miatt csökkent, de kilúgozódott a fa nélküli edényekből is.

— A Mg változásai nem egyértelműek.

— A Zn mennyisége a fa nélküli edényekben kevésbé emelkedik.

— A Cu és Mn mennyisége kb. azonos mértékben nő minden kezelésben.

10. táblázat

Az öntözés és a fa hatására a talajban bekövetkező változások az olasznyár 1.—5. kezelésénél, továbbá a fával nem beültetett talaj változásai az 1/a. és 4/a. kezeléseknél

(1) Vizsgálat	(2) Átlag, a tenyésztő		(3) Differencia a tenyész- idő végéhez viszonyítva ±	(2) Átlag, a tenyésztő		(3) Differencia a tenyész- idő végéhez viszonyítva ±	(2) Átlag, a tenyésztő		(3) Differencia a tenyész- idő végéhez viszonyítva
	elején IV. 12.	végén X. 20.		elején IV. 12.	végén X. 20.		elején IV. 12.	végén X. 20.	
1. szennyvíz									
pH (KCl)	6,97	7,29	0,32	7,27	7,18	—0,09	7,39	7,24	—0,15
a) Kötöttség	39	38	—1	39	39	0	36	38	2
b) Összes só %	0,08	0,10	0,02	0,10	0,13	0,03	0,10	0,15	0,05
CaCO ₃ %	16,9	16,6	—0,3	15,8	18,0	2,2	14,9	17,6	2,7
c) Humusz %	1,15	1,80	0,65	1,33	1,92	0,59	1,05	1,69	0,64
N összes %	0,07	0,11	0,04	0,08	0,11	0,04	0,06	0,10	0,04
NO ₃ +NO ₂ ppm	2,7	2,7	0	4,1	2,2	—1,9	4,5	5,0	0,5
d) Felvehető									
P ₂ O ₅ ppm	166	175	9	199	184	—15	157	172	15
K ₂ O ppm	95	100	5	101	113	12	94	131	37
Mg ppm	254	288	34	267	289	22	280	302	22
Na ppm	385	419	34	429	462	33	437	412	—25
Zn ppm	3,4	10,8	7,4	1,7	7,8	6,1	1,6	10,7	9,1
Cu ppm	1,8	2,6	0,8	1,7	2,7	1,0	1,6	2,9	1,3
Mn ppm	16,7	34,1	17,4	11,9	37,8	25,9	12,8	33,4	20,6
S ppm	48,5	65,0	16,5	61,2	73,9	12,7	59,4	75,8	16,4
4. ivóvíz									
pH (KCl)	7,42	7,37	—0,05	7,50	7,35	—0,15	7,52	7,42	—0,10
a) Kötöttség	40	38	—2	39	37	—2	39	36	—3
b) Összes só %	0,00	0,08	0,08	0,05	0,08	0,03	0,04	0,08	0,04
CaCO ₃	15,7	17,9	2,2	15,1	17,8	2,7	16,1	18,5	2,4
c) Humusz %	0,96	1,48	0,51	0,99	1,36	0,37	1,11	1,59	0,48
N összes %	0,06	0,09	0,03	0,06	0,08	0,02	0,07	0,09	0,03
NO ₃ +NO ₂ ppm	1,6	2,1	0,5	14,0	8,1	—5,9	10,1	7,1	—3,0
d) Felvehető									
P ₂ O ₅ ppm	165	138	—27	155	129	—26	175	190	15
K ₂ O ppm	100	98	—2	105	99	—6	107	114	7
Mg ppm	242	290	48	253	245	—8	251	255	4
Na ppm	209	226	17	203	162	—41	270	261	—9
Zn ppm	1,4	7,8	6,4	1,4	3,5	2,1	1,6	4,2	2,6
Cu ppm	1,6	2,4	0,8	1,5	2,1	0,6	1,6	2,6	1,0
Mn ppm	14,3	18,8	4,5	9,0	13,9	4,9	16,2	25,0	8,8
S ppm	34,7	58,4	23,7	47,8	60,6	12,8	31,4	35,6	4,2
2/a. szennyvíz									
pH (KCl)	7,52	7,35	—0,17	7,53	7,34	—0,19	7,51	7,36	0,15
a) Kötöttség	38	37	—1	39	39	0	39	37	—2
b) Összes só %	0,05	0,09	0,04	0,05	0,09	0,04	0,01	0,06	0,05
CaCO ₃ %	14,9	18	3,1	14,3	16,7	2,4	15,1	16,9	1,8
c) Humusz %	1,24	1,53	0,29	1,07	1,76	0,69	1,06	1,61	0,55
N összes %	0,07	0,09	0,02	0,06	0,10	0,04	0,06	0,09	0,03
NO ₃ +NO ₂ ppm	13,6	5,5	—8,1	10,8	6,3	—4,5	6,0	4,7	—1,3
3/a. szennyvíz									
pH (KCl)	7,52	7,35	—0,17	7,53	7,34	—0,19	7,51	7,36	0,15
a) Kötöttség	38	37	—1	39	39	0	39	37	—2
b) Összes só %	0,05	0,09	0,04	0,05	0,09	0,04	0,01	0,06	0,05
CaCO ₃ %	14,9	18	3,1	14,3	16,7	2,4	15,1	16,9	1,8
c) Humusz %	1,24	1,53	0,29	1,07	1,76	0,69	1,06	1,61	0,55
N összes %	0,07	0,09	0,02	0,06	0,10	0,04	0,06	0,09	0,03
NO ₃ +NO ₂ ppm	13,6	5,5	—8,1	10,8	6,3	—4,5	6,0	4,7	—1,3
4/a. ivóvíz									
pH (KCl)	7,52	7,35	—0,17	7,53	7,34	—0,19	7,51	7,36	0,15
a) Kötöttség	38	37	—1	39	39	0	39	37	—2
b) Összes só %	0,05	0,09	0,04	0,05	0,09	0,04	0,01	0,06	0,05
CaCO ₃ %	14,9	18	3,1	14,3	16,7	2,4	15,1	16,9	1,8
c) Humusz %	1,24	1,53	0,29	1,07	1,76	0,69	1,06	1,61	0,55
N összes %	0,07	0,09	0,02	0,06	0,10	0,04	0,06	0,09	0,03
NO ₃ +NO ₂ ppm	13,6	5,5	—8,1	10,8	6,3	—4,5	6,0	4,7	—1,3

10. táblázat folytatása

(1) Vizsgálat	(2) Átlag a tenyészidő		(3) Differencia a tenyész- idő végéhez viszonyítva ±	(2) Átlag a tenyészidő		(3) Differencia a tenyész- idő végéhez viszonyítva ±	(2) Átlag a tenyészidő		(3) Differen- cia a te- nyészidő végéhez vi- szonyítva
	elején IV. 12.	végén X. 20.		elején IV. 12.	végén X. 20.		elején IV. 12.	végén X. 20.	
d) Felvehető									
P ₂ O ₅ ppm	193	184	—9	193	171	—22	152	154	2
K ₂ O ppm	127	125	—2	131	138	7	114	115	1
Mg ppm	262	258	—4	250	275	25	241	249	8
Na ppm	316	254	—62	320	253	—67	230	185	—45
Zn ppm	1,9	3,4	1,5	1,8	7,6	5,8	1,2	3,9	2,7
Cu ppm	1,4	3,4	2,0	1,8	4,2	2,4	1,5	2,3	0,8
Mn ppm	21,2	45,8	24,6	16,6	60,7	44,1	17,8	22,0	4,2
S ppm	36,5	38,3	1,8	32,5	40,0	7,5	30,7	30,9	0,2

— A S mennyisége szembetűnően több a fával beültetett edényben év elején is, év végén is, és több az éves emelkedés is. Ez alól a tiszta vizes vagy öntözetlen kezelés sem kivétel. A S év végi mennyisége a fával beültetett edényekben átlag 184%-a, az évi növekedés pedig 482%-a a fa nélkülinek.

11. táblázat

Bakteriológiai vizsgálatok

(1) Vizsgálatok	1979. május 18.				1979. augusztus 22.		
	(2) Öntöző	(3) Talaj által szűrt			(2) Öntöző	(3) Talaj által szűrt	
	szennyvízben az 1.- 3. kezelésnél						
		1.	2.	3.		(4) 3. fával	(5) 3. fa nélküli
a) Összcsoírszám/ml							
37 °C-on	15 millió	3 000	800	10 000	48 millió	3000	1200
20 °C-on	40 millió	12 000	11 000	500 000	>100 millió	8000	1500
b) Coliform szám, db/ml	1,6 millió	4,6	35	82	1,6 millió	54	1,3
c) Faecal coliform szám, db/ml	84 000	3,3	22	31	4000	2,3	0,83
d) Clostridium szám, db/40 ml	0	1	2	7	0	1	0
e) Faecalis strepto- coccus szám, db/ml	9 700	0	0	320	400	0	0
		Salmonella infantis			Salmonella derby	Pseudomonas aeruginosa	
		Pseudomonas aeruginosa			Pseudomonas aeruginosa		

— Végül is megállapítható, hogy a szennyvízöntözés hatására a talaj feldúsul a szennyvízben lévő anyagokkal. A tápanyagok egy részét a fa felhasználja és ezért a N, P, K-ban való feldúsulás kisebb mértékű. Megállapítható az is, hogy a fa nélküli edényekben a sok átfolyó víz a könnyen oldódó sókat, különösen a NO₃, NO₂, P₂O₅, K₂O, Na-ot még szennyvízöntözés esetén is kilúgozza a talajból. Természetes viszonyok között a kilúgozott sók a talajvízbe távoznak.

Bakteriológiai értékelés

Két alkalommal volt lehetőségünk bakteriológiai vizsgálatra, amelynek eredményét a 11. táblázat tartalmazza.

Ha a tisztulás mértékét százalékosan vizsgáljuk, akkor az igen jónak mondható. A szűrt szennyvízben a szennyezés mértéke az eredetinek csak 0,0 ... %-a. Abszolút számokban azonban helyel-közzel túllépi a befogadóba való bocsátás megengedett mértékét.

Mindez annak tudható be, hogy a szűrő talajréteg csak 80 cm vastag volt, és a szennyvízterhelés mértéke is túlzott. Ez utóbbi szándékosan történt a kísérlet céljai miatt. Végül nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy megfelelő tisztítóberendezés hiánya miatt a befogadóba pillanatnyilag csak alig tisztított, ülepített szennyvíz távozik. Így vizsgálva a kérdést, feltétlen indokolt lenne a biológiai tisztítóberendezéssel nem rendelkező települések szennyvizét elöntözni, hasznosítani a vizet és a benne lévő tápanyagokat a szennyvíz egyidejű, a talajon történő tisztítása mellett.

Összefoglalás

A két évig tartó szennyvízöntözéses tenyészedeny kísérletek egyértelműen bizonyították kedvező hatásukat a fák növekedésére és a fatömeg-termelésre. A legjobb eredményt a 3000 mm tenyészidőszaki öntözés adta. Ebben a kezelésben az 1200 mm tiszta vizes kezeléshez viszonyítva a fehérfűz 239%, az óriásnyár 219%, az olasznyár 196% fatömeget adott. A 2000 mm-es kezelésben ezek az értékek: 188—174—163%. A tiszta vizes kezelés fatömege 16—23%-kal marad el az ugyanolyan mennyiségű szennyvízzel kezelttől.

Legkevesebbet párologtatott és a legnagyobb fatömeget hozta létre a fehérfűz. Legtöbbször párologtatott és a legkisebb fatömeget adta az óriásnyár.

1 kg szárazanyag előállításához a fehérfűz 188, az olasznyár 237, az óriásnyár 252 liter vizet transzspirált el.

Az erdőszeti gyakorlatban szokásos föld feletti fatömeggel számolva 1 m³ nyers fa előállításához az olasznyár 95 m³ vizet használ fel. Egy jól termő, 25 m³/ha évi növekedésű olasznyár állomány évi vízigénye tehát 237 mm.

A levél, a faanyag és a gyökér kémiai elemzése azt mutatja, hogy a fa nem válik szennyezetté a szennyvízöntözés hatására.

A vizsgálatok alapján 1 m³ nyers fatömeg megtermeléséhez az olasznyárnak 8,1 kg N, 0,8 kg P₂O₅ és 4 kg K₂O szükséges.

Jelentős az öntözésre felhasznált szennyvíz tápanyagtartalma. Sajnos ugyanakkor jelentős a káros ásványi sótartalom is. Ennek ellenére a fák jól elviselték a magas sótartalmat, sőt a legnagyobb szennyvízkezelésben növekedtek a legjobban.

A 80 cm vastag talajréteg és a fa együttesen kiszűrte a tápanyagok csaknem 100%-át, még a legnagyobb, 3000 mm-es kezelésben is. Nátriumnál ez az érték 54%. Év végére a legnagyobb kezelésben, ahol sok volt a talajból távozó víz, megindult a Na kilúgozódási folyamata.

Szembetűnően magas a kén mennyisége a fával beültetett edények talajában a fa nélkülivel szemben.

Végül is megállapítható, hogy a tápanyagok nagy részét a fa felhasználja. Egyéb anyagokban a talaj feldúsul, majd a telítődés beállta után a sók az

altalajba, a talajvízbe mosódnak le. A talajon való átszivárgás során a káros mikroorganizmusok szinte teljes egészében kiszűrődnek.

A szennyvízben lévő víz és tápanyag öntözéssel történő hasznosítása járható út, és nemcsak a szennyvíz tisztítását, de nagyobb fatermést is elérhetünk ezzel a módszerrel.

Irodalom

- [1] GÁL, J., TIHANYI, Z. & TOMPA, K.: Szennyvízhasznosítás tenyészedény kísérletekben különböző fafajokkal. Zárójelentés (kézirat). Sopron. 1979.
- [2] KGST Egységes Vívizsgáló módszerek: I. Kémiai módszerek 1. és 2. kötet. Második kiadás. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ kiadványa. Budapest. 1975.
- [3] A nyárak és a fűzek termesztése. Ed.: KERESZTESI B. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1978.
- [4] SOPP, L.: Fatömegszámítási táblázatok. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1970.
- [5] TIHANYI, Z.: Anyagforgalmi vizsgálatok nyárfával végzett szennyvízöntözéses tenyészedény kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. 27. 399–416. 1978.

Érkezett: 1979. augusztus 9.

Pot Experiments with Young Poplars Watered by Sewage Water II.

Z. TIHANYI

University for Forestry and Woodindustry, Institute for Forest-Plantation, Sopron (Hungary)

Summary

The study deals with the results of the second and last year of the pot experiment. The results of the first year are given in No. 3–4 of the same journal.

The species of the experiment were: *Populus x euramericana* (Dode) Guinier nm. I-214, *Populus x euramericana* (Dode) Guinier nm. Robusta, *Salix alba* L. Treatments: 1. 1200 mm of sewage water; 2. 2000 mm of sewage water; 3. 3000 mm of sewage water; 4. 1200 mm of clear water, with and without trees; 5. untreated control with trees. The precipitation during the experimental period was additional 333 mm between the 12th April and the 13th October 1978. Number of repetitions: 3. Dimensions of the pots: 57 cm in diameter, 85 cm in height, 0.2 m³ in volume. The pots were dug into the soil. On the bottom of each pot was a pipe through which the superfluous water got into a tank.

Each pot was filled with brown forest soil with residues of carbonate and the one year old rooted young trees were planted in them. Watering was carried out equally distributed on every 8th day in the treatments No. 1 and 4, and on every 4th day in the treatments No. 2 and 3. At the same time the quantity of the water filtered through the soil and that of the water which did not evaporate, were determined. The irrigation water and the water filtered through the soil were analysed every month. On the basis of the results of these analyses a balance of the circulating substances was drawn up.

The soil was analysed before and after the watering. At the end of the year the chemical composition of the leaves, wooden part and roots was also determined. Bacteriological investigation was carried out twice during the experiment. The water and nutrient requirement of the trees and that needed for the production of 1 kg dry matter were calculated.

Results: Water and nutrients in the sewage water were used well by the trees. They tolerated well the high salt content. The best results were obtained in the treatments of the white willow by the largest water doses. After a certain space of time the soil got saturated and then was leached again.

According to the results of the chemical analyses of wood material and leaves the trees (did not) get contaminated by the sewage water. The bacteria were filtered by the soil and (did not) get into the ground water.

Table 1. Quantity of the produced wood material (in dry matter, g). (1) Tree species and numbers of treatments: a) Italian poplar, I-214; b) Giant poplar; c) White willow. (2) Tree trunk. (3) Branches. (4) Total quantity of wood above the soil. (5) Root

stock (rhizome). (6) Primary root. (7) Secondary root. (8) Total weight. (9) in per cents of treatment 4.

Table 2. Quantity of evaporated water for each pot during the period of 2 years, average of treatments 1—4 (in litres and per cents of the given water quantity). (1) Tree species: a) Italian poplar; b) Giant poplar; c) White willow; d) Soil surface without trees. (2) Sewage water, treatments 1—3. (3) Clear water, treatment 4. A) Evapotranspiration; B) Evaporation; C) Transpiration.

Table 3. Quantity of water used for the production of 1 kg absolute dry wood material (trunk + root) (transpiration litre/kg). (1) Sign of the treatment. (2) Italian poplar. (3) Giant poplar. (4) White willow.

Table 4. Analysis of the leaves for N-content and ash-constituents (samples taken on the 11th Oct. of the second year). (1) Tree species and sign of treatments.

Table 5. Analysis of the wood material for N-content and ash-constituents. (1) Tree species, sign of treatment and plant part analysed: A) Trunk and branches; B) Roots. For the signs a)—c) look at Table 1. (2) Ash, %.

Table 6. Nutrients taken up by the trees. (1) Tree species: a) Italian poplar; b) Giant poplar; (2) Total quantity of nutrients in 1 m³ raw wood material + leaves, in kg. (3) Quantity of nutrients in 1 m³ raw wood material above the soil, in kg.

Table 7. Quantity of nutrients taken up by the wood material, leaves and roots of 1 ha of Italian poplar plantation in kg/ha/year. (1) Age, years. (2) Wood production, raw, m³/year.

Table 8. Average quality of sewage water used in the treatments 1—4. (1) Components: a) Conductivity, average sample; b) Conductivity, last sample; c) Basicity; d) Total dry matter; e) Total quantity of dissolved material; f) Total quantity of floating material; g) Total quantity of organic matter; h) Quantity of dissolved organic matter; i) Floating organic matter; j) Total quantity of minerals; k) Dissolved minerals; l) Floating mineral components; m) Total quantity of mineral salts, calculated; n) Harmful dissolved mineral material; o) SAR-value; p) Water-type according to cations. r) Water-type according to anions. (2) Sewage water, treatments 1—3. (3) Clear water, treatment 4.

Table 9. Purification (%) of water filtered by the soil in treatments 1—3; (treatment 4 = clear water). (1) Components (for signs look at Table 8). (2) Efficiency of sewage water purification (in %). (3) Sewage water purification done by the trees (in %). (4) Pot with trees. (5) Pots without trees.

Table 10. Changes in the soil caused by watering and by the Italian poplar trees in the treatments 1—5 and caused by watering only in the treatments 1/a—4/a (without trees). (1) Analysis: a) Stickiness; b) Total salt content (%); c) Humus %; d) Available P₂O₅ and K₂O. (2) Mean value at the beginning and at the end of the vegetation period. (3) Difference as compared to the end of the vegetation period. In the treatments 1/a—4/a no trees were planted in the soil, only the effect of the soil was investigated. The treatment 1/a was equal to treatment 1, etc.

Table 11. Bacteriological examinations. (1) Examinations: a) Total number of germs/ml, at 37 and 20 °C; b) Number of coliforms/ml; c) Number of faecal coliforms/ml; d) Number of clostridium/40 ml; e) Number of streptococcus faecalis/ml.

Fig. 1. Absolute dry wood material of 3 years old trees, above and under the soil, in the treatments 1—5. A) Italian poplar. B) Giant poplar. C) White willow.

Fig. 2. Quantity of wood (with the roots together) of 3 years old trees in the function of the transpiration. For signs A—B—C look at Fig. 1.

Fig. 3. Quantity of water (in litres) used for the production of 1 kg dry matter in the treatments 1—5. For signs A—B—C look at Fig. 1.

Gefäßversuch mit Abwasser bewässerten jungen Pappeln II.

Z. TIHANYI

Universität für Forstwesen und Holzindustrie, Lehrstuhl für Aufforstung, Sopron (Ungarn)

Zusammenfassung

Die Studie enthält die Ergebnisse des zweiten und zugleich letzten Teiles des im Titel bezeichneten Versuches. Die Ergebnisse des ersten Jahres sind in No. 3—4 des Jahres 1978 derselben Zeitschrift enthalten.

Die in den Versuch einbezogenen Baumarten: *Populus x euramericana* (Dode Guinier nm. I-214), *Populus x euramericana* (Dode) Guinier nm. Robusta, *Salix alba* L. Varianten des Versuches: 1. 1200 mm Abwasser; 2. 2000 mm Abwasser; 3. 3000 mm Abwasser; 4. 1200 mm reines Wasser, mit und ohne junge Bäume; 5. unbehandelte Kontrolle mit Bäumen. Niederschlag in der Vegetationsperiode, zwischen dem 12. April und dem 13. Oktober 1978. weitere 333 mm. Anzahl der Wiederholungen: 3. Abmessungen der Gefässe: Durchmesser = 57 cm, Höhe = 85 cm, Volumen = 0,2 m³. Die Gefässe wurden in den Boden eingesenkt. An den Gefässböden sind Ausflussrohre durch die das überflüssige Wasser in ein Sammelgefäss geleitet wird.

Jedes Gefäss wurde mit einem braunen Waldboden mit Karbonatresten angefüllt, in diesen wurden die einjährigen Stecklinge eingepflanzt. Die Bewässerung erfolgte gleichmässig verteilt alle 8 Tage in den Varianten 1 und 4, und alle 4 Tage in den Varianten 2 und 3, und zu diesem Zeitpunkt wurde auch die durch den Boden gesickerte und nicht verdunstete Wassermenge bestimmt. Das Bewässerungswasser und das durch den Boden gesickerte, filtrierte Wasser wurden monatlich untersucht. Aus den Ergebnissen der Untersuchung wurde eine Bilanz des Stoffumlaufes aufgestellt.

Der Boden wurde vor und nach der Bewässerung chemisch untersucht. Zu Ende des Jahres wurde auch die chemische Zusammensetzung der Blätter, des Holzstoffes und der Wurzeln bestimmt. Eine bakteriologische Untersuchung fand während des Versuches zweimal statt. Berechnet wurden der Wasser- und Nährstoffverbrauch der Bäume, und die für die Herstellung von 1 kg Trockensubstanz notwendigen Mengen an Wasser und Nährstoffen.

Ergebnisse: Die Bäume haben das Wasser und die im Abwasser befindlichen Nährstoffe gut genutzt. Sie haben den hohen Salzgehalt des Abwassers ertragen. Die besten Ergebnisse zeigten sich bei der Silberweide mit der grössten Wassergabe. Der Boden wurde nach einer gewissen Zeit gesättigt, danach ausgelaugt.

Nach der chemischen Analyse des Holzes und der Blätter erlitten die Bäume als Folge der Anwendung von Abwasser keine Verunreinigung. Die Bakterien wurden durch den Boden filtriert und gelangten nicht in das Grundwasser.

Tab. 1. Die produzierte Holzmenge (in Trockensubstanz, g). (1) Baumart und Nummer der Variante: a) Italienische Pappel I-214; b) Riesenpappel; c) Silberweide. (2) Baumstamm. (3) Äste. (4) Gesamte Holzmasse über der Bodenoberfläche. (5) Wurzelstock (Rhizom). (6) Hauptwurzel. (7) Nebenwurzeln. (8) Gesamtgewicht. (9) in % der Variante 4.

Tab. 2. Verdunstete Wassermenge je Vegetationsgefäss in den Varianten 1–4 während der 2 Jahre (in Litern und in %-en der angewendeten Wassermenge). (1) Baumart: a) Italienische Pappel; b) Riesenpappel; c) Silberweide; d) Variante ohne Bäume. (2) Abwasser in den Varianten 1–3. (3) Reines Wasser in der Variante 4. A) Evapotranspiration; 5) Evaporation; (6) Transpiration.

Tab. 3. Wasserverbrauch zur Produktion von 1 kg absolut trockenem Holzstoff (Baum + Wurzel) (Transpiration 1/kg). (1) Nummer der Variante. (2) Italienische Pappel; (3) Riesenpappel. (4) Silberweide.

Tab. 4. Analyse der Blätter auf N und Aschenbestandteile (Probenahme am 11. Oktober des 2. Versuchsjahres). (1) Baumart und Nummer der Variante.

Tab. 5. Analyse des Holzes auf N und Aschenbestandteile. (1) Baumart, Nummer der Variante und untersuchter Pflanzenteil: A) Stamm und Zweige; B) Wurzeln. a)–c) s. unter Tab. 1. (2) Asche %.

Tab. 6. Nährstoffaufnahme der Bäume. (1) Baumart: a) Italienische Pappel; b) Riesenpappel. (2) bei der Produktion von 1 m³ gesamtem Rohholzmaterial und Laub aufgenommenen Nährstoff in kg. (3) Nährstoff (in kg) in 1 m³ Rohholzmaterial.

Tab. 7. Nährstoffaufnahme von 1 ha einer Italienischen Pappelpflanzung (Holz + Blatt + Wurzeln), kg/ha/Jahr. (1) Alter, Jahr. (2) Holzproduktion, roh, m³/Jahr.

Tab. 8. Durchschnittliche Zusammensetzung des Bewässerungswassers in den Varianten 1–4. (1) Komponenten: a) Leitfähigkeit, Durchschnittspröbe; b) Leitfähigkeit der letzten Teilprobe; c) Basizität; d) gesamte Menge der Trockensubstanz; e) gesamte Menge der gelösten Stoffe; f) gesamtes schwebendes Material; g) gesamte Menge der organischen Stoffe; h) Menge der gelösten organischen Stoffe; i) Menge der schwebenden organischen Stoffe; j) gesamte Menge der mineralischen Stoffe; k) Menge der gelösten mineralischen Stoffe; l) Menge der schwebenden mineralischen Stoffe; m) gesamte Menge der mineralischen Salze, berechnet; n) Menge der gelösten schädlichen mineralischen Stoffe; o) SAR-WERT; p) dem Kation entsprechender Wassertyp; r) dem Anion entsprechender Wassertyp. (2) Abwasser in den Varianten 1–3. (3) Reines Wasser, in der Variante 4.

Tab. 9. Reinigung (in %) des durch den Boden gesickerten Abwassers in den Varianten 1—3. (Variante 4 ist reines Wasser). (1) Komponenten: s. unter Tab. 8. (2) Wirkungsgrad der Abwasserreinigung in %. (3) % der durch Einwirkung der Bäume eingetretenen Abwasserreinigung. (4) Gefässe mit Bäumen. (5) Gefässe ohne Bäume.

Tab. 10. Veränderungen im Boden infolge der Bewässerung und durch Einwirkung der Bäume in den Varianten 1—5 der Italienischen Pappel, sowie in den Varianten 1/a—4/a (unbepflanzt). (1) Analyse: a) Bindigkeit; b) Gesamter Salzgehalt, %; c) Humusgehalt, %; d) Aufnehmbares P_2O_5 und K_2O . (2) Mittelwerte am Anfang und am Ende der Vegetationsperiode. (3) Differenz im Verhältnis zum Ende der Vegetationsperiode. In den Varianten 1/a—4/a wurde nur der Einfluss des Bodens beobachtet. Ansonsten entspricht die Variante 1/a der Variante 1, usw.

Tab. 11. Bakteriologische Untersuchungen. (1) Untersuchungen: a) Gesamte Keimzahl/ml, bei 37 und 20 °C. d) Anzahl der Coliformen, Stück/ml; c) Anzahl der Faecal Coliformen, Stück/ml; d) Anzahl der Clostridien, Stück/40 ml; e) Anzahl der faecalen Streptococci, Stück/ml.

Abb. 1. Ober- sowie unterirdisches, absolut trockenes Holzmaterial eines 3-jährigen Baumes in den Varianten 1—5. A) Italienische Pappel. B) Riesenpappel. C) Silberweide.

Abb. 2. Holzmaterial (mitsamt Wurzelstock) eines 3-jährigen Baumes in der Funktion der Transpiration. Für Bezeichnungen A) — B) — C) s. Abb. 1.

Abb. 3. Die zur Produktion von 1 kg Trockensubstanz verwendete Wassermenge in Litern in den Varianten 1—5. Für die Bezeichnungen A) — B) — C) s. Abb. 1.

Изучение обмена веществ в вегетационных опытах с тополем при орошении сточными водами

3. ТИХАНИ

Университет Лесоводства и Деревообрабатывающей промышленности, Кафедра лесоводства, Шопрон (Венгрия)

Резюме

В работе приведены результаты второго (последнего) года опыта. Результаты первого года опыта были опубликованы в 3. — 4. номере журнала за 1978 год.

В опыте изучались древесные породы: *Populus x euramericana* (Dode) Guinier nm. I-214, *Populus x euramericana* (Dode) Guinier nm. Robusta, *Salix alba* L. Варианты опыта: 1. 1200 мм сточной воды; 2. 2000 мм сточной воды; 3. 3000 мм сточной воды; 4. 1200 мм чистой воды с посадкой деревьев и без посадки деревьев; 5. Необработанный контроль с посадкой деревьев. Количество осадков за период опыта с 12 апреля по 13 октября 1978 года составляло 333 мм. Опыт проводили с тройной повторностью. Размер вегетационных сосудов: диаметр 57 см, высота — 85 см, объем 0,2 м³. Сосуды были погружены в почву. В дне сосуда имела выводная трубка, отводящая излишек воды в сборный сосуд.

Каждый вегетационный сосуд наполняли бескарбонатной бурой лесной почвой и высаживали в него укоренившийся черенок. На вариантах 1. и 4. орошение проводили каждые 8 дней, на вариантах 2. и 3. — каждые четыре дня, в зависимости от развития и потребности древесных культур в воде. Одновременно измеряли количество фильтрата, вытекающего из сосуда (прошедшего через слой почвы) и количество неиспарившейся воды. Каждый месяц анализировали поливные воды и фильтрат, вытекающий из почвы.

Изучили химический состав почвы до полива и после проведения поливов. В конце года анализировали химический состав листьев, древесины и корней. В двух случаях провели бактериологические исследования. Рассчитали потребность древесных культур в воде и питательных веществах, далее, их количество, требуемое для образования одного кг сухого вещества.

Результаты: Деревья хорошо использовали сточную воду и усвоили находящиеся в ней питательные вещества. Стойко переносили высокое содержание солей. Самые благоприятные результаты были получены при высоких нормах орошения для белой ивы. Почва за определенное время насыщается солями, затем они выщелачиваются.

Химический анализ показал, что орошение сточными водами не вызвало загрязнения древесных пород. Бактерии задерживаются почвой (она играет роль фильтра) и не попадают в грунтовые воды.

Табл. 1. Сухой вес древесины, в граммах. (1) Вид древесной породы и номер варианта: а) 1—214 тополь итальянский; б) Тополь гигантский; с) Белая ива. (2) Древесный ствол. (3) Ветви. (4) Общая надземная древесная масса. (5) Корневая шейка. (6) Главный корень. (7) Побочные корни. (8) Общий вес. (9) в %-ах четвертого варианта.

Табл. 2. Количество воды испарившейся за два года из отдельных сосудов в вариантах 1—4, в литрах и % от количеств использованной для орошения воды. (1) Древесная порода: а) Тополь итальянский, б) Тополь гигантский, с) Ива белая, d) поверхность без посадки деревьев. (2) Сточные воды в процентах 1—3. (3) Чистая вода в варианте 4. А) Эвапотранспирация, В) Эвапорация, С) Транспирация.

Табл. 3. Количество воды, требующейся для образования 1 кг абсолютно сухой древесной массы (ствол + корень) (транспирация л/га). (1) Номер варианта. (2) Тополь итальянский. (3) Тополь гигантский. (4) Белая ива.

Табл. 4. Содержание азота в листьях и анализ золы (образцы взяты 11 октября во втором году опыта). (1) Вид древесной породы и номер варианта.

Табл. 5. Содержание азота в древесине и анализ золы. (1) Вид древесной породы, номер варианта и изученная часть дерева: А) Ствол и ветви, В) Корни. а) — с) смотри в таблице 1. (2) Состав золы, %.

Табл. 6. Усвоение питательных веществ. (1) Вид древесной породы: а) Тополь итальянский, б) Тополь гигантский. (2) Количество питательных веществ, требующихся для образования 1 м³ общей сырой древесины и листьев, в кг. (3) Количество питательных веществ в 1 м³ надземной сырой древесины, в кг.

Табл. 7. Количество питательных веществ, усвоенных тополем итальянским (ствол + листья + корень) на площади в 1 га, кг/га/год. (1) Возраст, год. (2) Образование сырой древесины за год в м³.

Табл. 8. Средний химический состав поливных вод в вариантах 1.—4. (1) Компоненты: а) Электропроводность среднего образца, б) Электропроводность последней части образца, с) Щелочность, d) Общий сухой остаток, e) Общее количество растворенного вещества, f) Общее количество взвеси, g) Общее количество органического вещества, h) Растворенное органическое вещество, i) Органическое вещество в виде взвеси, j) Общее количество минерального вещества, k) Растворенное минеральное вещество, l) Взвесь минерального вещества, m) Общее количество солей (рассчитанное), n) Вредные растворенные минеральные вещества, o) Величина SAR p) Катионный тип воды, r) Анионный тип воды. (2) Сточные воды в вариантах 1.—3. (3) Питьевая вода в варианте 4.

Табл. 9. Проценточистения воды, профильтровавшейся через слой почвы в вариантах 1.—3; в 4. варианте питьевая вода. (1) Компоненты (обозначение смотри в таблице 8). (2) Эффективность очистки воды в %. (3) Очистка воды за счет влияния древесных пород (%). (4) Вегетационный сосуд с посадкой древесных саженцев. (5) Почва без посадки деревьев.

Табл. 10. Изменения наступившие под влиянием орошения и посадки деревьев, тополь итальянский в вариантах 1.—5., далее изменения наступившие в почве без посадки деревьев, в вариантах 1/а—4/а. (1) Проведенные исследования: а) Связность по Арань б) Общее содержание солей в %, с) Гумус в %, d) Усвояемые P₂O₅ и K₂O. (2) Средние значения в начале и конце вегетационного периода. (3) Разницы по сравнению с концом вегетационного периода. В вариантах 1/а—4/а деревьев не сажали. Здесь изучали только влияние почвы. Вариант 1/а соответствует варианту 1.

Табл. 11. Бактериологические исследования. (1) Исследования: а) Определение общего числа зародышей на мл при температурах 37 и 20°C. б) Число coliform шт/мл, с) число Faecal coliform шт/мл, (Число Clostridium шт/40 мл. e) Число Faecalis streptococcus шт/мл.

Рис. 1. Абсолютно сухая древесная масса надземной и подземной части трехлетнего дерева в вариантах 1.—5. А/Тополь итальянский, В/Тополь гигантский, С/Белая ива.

Рис. 2. Древесная масса трехлетнего дерева (вместе с корнями) в зависимости от транспирации. А—В—С смотри на рисунке 1.

Рис. 3. Количество воды в литрах необходимое для образования 1 кг сухого вещества в вариантах 1.—5. А—В—С смотри на рисунке 1.